

## I-215 多径間連続RC高架橋の温度応力に関する1検討

大和設計(株) 正員 寺村 務  
 大阪市立大学 正員 園田恵一郎  
 大阪工業大学 正員 岡村宏一

## 1. はじめに

RC高架橋を多径間化する際に、最も問題になるのは温度変化によって発生する応力、特に橋脚下端の曲げ応力をいかに低減することができるといふ点である。ところが、RC高架橋の橋脚が地中梁で結ばれている場合がよく見られる。従来、地盤内の温度変化は少ないとの判断から、この種の構造物の設計では、地中梁の温度は不変であり、地上部の梁、および床版のみが温度変化を受けるとして構造解析されてきた。しかしながら、地中梁が地表面から極く浅いところにある場合もあり、地中梁の温度変化が、高架橋の温度応力特性にどのような影響を与えるかを知らねばならないと必要であると考え、ここに検討した結果を報告する。

## 2. 地盤の伝熱特性

## (1) 1次元熱伝導問題

図-1に示すような半無限地盤の表面が、次の周期温度変化を受けるものとする。

$$T(t) = T_m + \Delta T \sin \frac{2\pi t}{T_0} \quad (1)$$

ここに、 $T(t)$ : 地表面の温度( $^{\circ}\text{C}$ )、 $T_m$ : 平均温度

$\Delta T$ : 最大温度差の $1/2$ 、 $t$ : 経過時間、 $T_0$ : 温度周期

一般に、初期( $t=0$ )に、地表面( $x=0$ )である温度を受けたとき、

時間 $t$ 後の地盤内の温度分布  $u(x, t)$ は、次の1次元熱伝導方程式の解によって与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \ell \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2)$$

ここに、 $\ell$ は熱拡散率で、熱伝導率 $K$ 、比熱 $C$ 、密度 $\delta$ とすれば、 $\ell = K/(C\delta)$ で与えられる。

さて、図-1において、地表面は遠い昔より、温度の周期的変化を受けているとすれば、式(2)の解は、初期条件の変化を受けず、次式で与えられる。

$$u(x, t) = T_m + \Delta T \sin\left(\omega t - x\sqrt{\frac{\omega}{2\ell}}\right) \exp\left(-x\sqrt{\frac{\omega}{2\ell}}\right) \quad (3)$$

ここに、 $\omega = 2\pi/T_0$

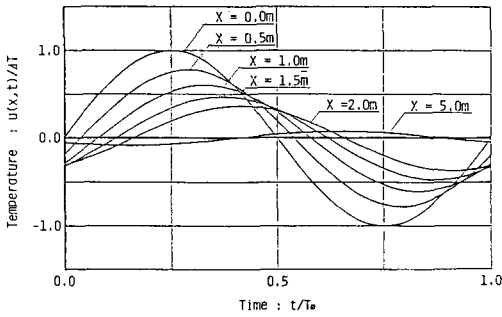
## (2) 数値計算計画

一般に、地表面の温度は1日、または1年周期で変化するが、1日周期の場合は温度差も小さく、周期も短く重要でないので、1年周期、すなわち、 $T_0 = 365 \text{ day}$ の問題のみを考える。一方、土の熱拡散率( $\ell$ )は、山梨大学 福田、村上の報告<sup>2)</sup>によれば、乾燥密度 $\gamma_d$ や、含水比 $w$ の影響を受けるが、関東ロームの場合、 $w = 5\%$ で  $\ell = 1 \sim 2 \times 10^{-3} (\text{cm}^2/\text{sec})$ 、 $w = 30\%$ で  $\ell = 3 \sim 4 \times 10^{-3} (\text{cm}^2/\text{sec})$ である。

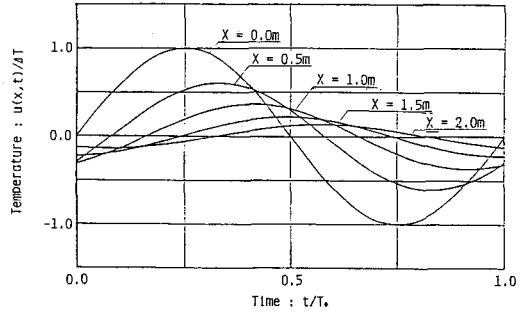
図-2は、 $\ell = 4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ 、 $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$ の2つの場合について、地表面が振幅 $1^{\circ}\text{C}$ の温度変化を受けたときの地盤内の温度変化を示している。これらの結果より、地中梁の上面が、地表面より1m以内にある場合には、地中梁はかなりの温度変化を受けることがわかる。

1) R. V. Churchill; Modern Operational Mathematics in Engineering, McGRAW-HILL, 1944

2) 福田、村上; 土の伝熱特性について、第18回土質工学研究発表会、昭和58年6月



(a)  $R = 4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  の場合



(b)  $R = 1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$  の場合

図-2 地中梁の温度変化

### 3. 検討例

検討の対象とした高架橋のモデルは、図-3に示すような杭基礎を持つラーメン高架橋で、各部材の諸元は普通に見られるものとした。径間数は7, 14, 柱高さ5m, 10mの4例について計算した。

地中梁の温度変化については、

梁の上面が、地表面より1m以内にある場合を想定した。図-2の計算結果より見れば、地中梁の温度変化の地上の梁のそれとの比率は0.3～1.0の範囲にある。表-2に、それぞれの場合の柱下端の曲げモーメントの計算結果を示すが、比率0.3～0.7の範囲で、最大曲げモーメントは、地中梁の温度変化を考慮しない場合（比率0）に比較して40～75%に減少している。この場合、部材の諸元が1例で、さらに検討の余地

はあるが、表-2の結果より見れば、多径間連続RC高架橋のように、通常の橋梁の場合と異なり、特に温度変化が支配的で、しかも、地中梁が地表面より浅いところにあるような場合には、地中梁の温度変化は、設計上の1つの問題提起として、検討に値するものとする。

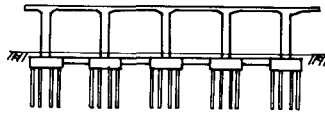


表-1

|          | 断面積 $\text{m}^2$                            | 2次元 $\text{m}^2$ |
|----------|---------------------------------------------|------------------|
| 地上梁      | 6.353                                       | 0.3369           |
| 柱        | 4.150                                       | 0.5674           |
| 地中梁      | 3.400                                       | 0.2833           |
| 杭基礎の換算係数 | $2.584 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{m}$ |                  |

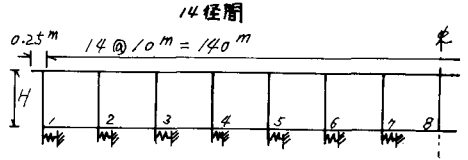
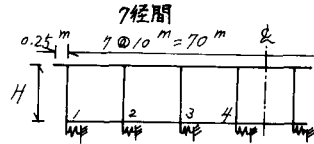


図-3

表-2 柱下端の曲げモーメント

| 計算モデル          | 比率  | 1      | 2      | 3      | 4     |
|----------------|-----|--------|--------|--------|-------|
| $H=10\text{m}$ | 1.0 | 9.25   | 11.46  | 6.45   | 1.77  |
|                | 0.7 | 37.81  | 42.53  | 21.85  | 5.85  |
|                | 0.5 | 56.85  | 63.27  | 32.13  | 8.58  |
|                | 0.3 | 75.87  | 84.00  | 42.40  | 11.29 |
|                | 0.0 | 104.43 | 115.08 | 57.81  | 15.37 |
| $H=5\text{m}$  | 1.0 | 17.38  | 23.47  | 13.24  | 3.79  |
|                | 0.7 | 71.61  | 86.52  | 43.53  | 12.06 |
|                | 0.5 | 107.76 | 128.55 | 63.70  | 17.56 |
|                | 0.3 | 143.91 | 170.56 | 83.89  | 23.07 |
|                | 0.0 | 198.15 | 233.61 | 114.16 | 31.32 |

7径間 (t.m)

| 計算モデル          | 比率  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8   |
|----------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-----|
| $H=10\text{m}$ | 1.0 | 51.27  | 72.58  | 61.72  | 52.59  | 40.93  | 28.03 | 14.23 | 0.0 |
|                | 0.7 | 96.27  | 128.88 | 103.00 | 84.39  | 63.76  | 42.82 | 21.49 | 0.0 |
|                | 0.5 | 126.27 | 166.39 | 130.53 | 105.58 | 78.99  | 52.68 | 26.34 | 0.0 |
|                | 0.3 | 156.27 | 203.92 | 157.95 | 126.78 | 94.21  | 62.43 | 31.18 | 0.0 |
|                | 0.0 | 201.25 | 260.22 | 199.33 | 158.66 | 117.04 | 77.32 | 38.44 | 0.0 |
| $H=5\text{m}$  | 1.0 | 66.27  | 101.71 | 85.74  | 71.89  | 55.39  | 37.60 | 19.00 | 0.0 |
|                | 0.7 | 131.25 | 184.20 | 139.62 | 109.26 | 79.98  | 52.48 | 25.89 | 0.0 |
|                | 0.5 | 174.57 | 239.19 | 175.56 | 134.19 | 96.37  | 62.41 | 30.67 | 0.0 |
|                | 0.3 | 217.90 | 294.18 | 211.48 | 159.07 | 112.77 | 72.33 | 35.34 | 0.0 |
|                | 0.0 | 282.88 | 376.66 | 265.38 | 196.44 | 137.35 | 87.21 | 42.34 | 0.0 |

14径間 (t.m)